

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-269731

(43)Date of publication of application : 20.09.2002

(51)Int.Cl. G11B 5/738  
G11B 5/64  
G11B 5/667  
G11B 5/82  
H01F 10/16

(21)Application number : 2001-068736 (71)Applicant : TOSHIBA CORP  
SHOWA DENKO KK

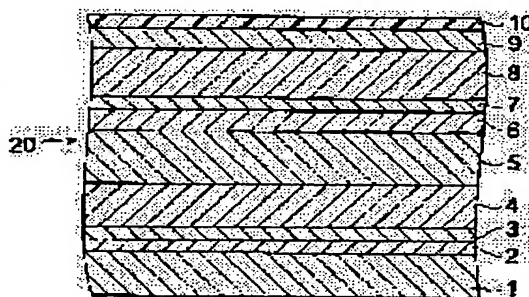
(22)Date of filing : 12.03.2001 (72)Inventor : HIKOSAKA KAZUYUKI  
NAKAMURA FUTOSHI  
OIKAWA SOICHI  
SAKAI HIROSHI  
SHIMIZU KENJI

## (54) PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING MEDIUM

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a perpendicular magnetic recording medium wherein magnetization is not attenuated by an external magnetic field and which has a stable signal and is nearly free from noise even when recording and reproduction are repeated.

**SOLUTION:** The perpendicular magnetic recording medium has at least a substrate, a Co alloy bias layer, a soft magnetic layer and a magnetic recording layer which are laminated. In the Co alloy bias layer, the direction of its residual magnetization is directed in one direction of its radial directions and  $t_{\text{soft}}$  is 40 nm-200 nm. The magnetic recording medium satisfies the formula  $M_{\text{ssoft}} \times (t_{\text{soft}} - 40 \text{ nm}) > M_{\text{ssoft}} \times 40 \text{ nm} + M_{\text{sbias}} \times t_{\text{bias}}$ . ( $t_{\text{bias}}$ ,  $M_{\text{sbias}}$ ,  $t_{\text{soft}}$  and  $M_{\text{ssoft}}$  denote the thickness of the Co alloy bias layer, its saturation magnetization, the thickness of the soft magnetic layer and its saturation magnetization, respectively).



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-269731

(P 2 0 0 2 - 2 6 9 7 3 1 A)

(43) 公開日 平成14年9月20日 (2002.9.20)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード (参考)
G11B 5/738		G11B 5/738	5D006
5/64		5/64	5E049
5/667		5/667	
5/82		5/82	
H01F 10/16		H01F 10/16	
審査請求 有 請求項の数 4 O L (全13頁)			

(21) 出願番号 特願2001-68736 (P 2001-68736)

(22) 出願日 平成13年3月12日 (2001.3.12)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(71) 出願人 000002004

昭和電工株式会社

東京都港区芝大門1丁目13番9号

(72) 発明者 彦坂 和志

神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社

東芝柳町事業所内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外5名)

最終頁に続く

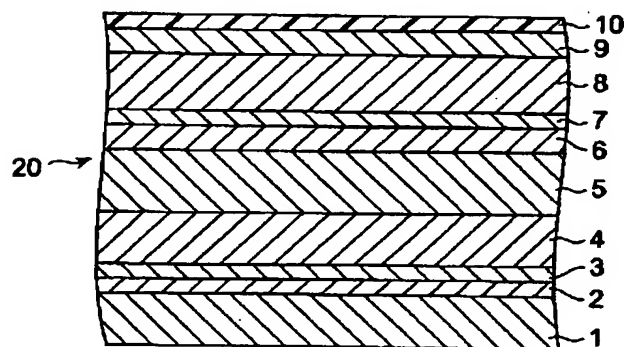
(54) 【発明の名称】 垂直磁気記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 外部磁界によって、磁化が減衰することなく、また、記録再生を繰り返しても、信号が安定で、ノイズの少ない垂直磁気記録媒体を得る。

【解決手段】 少なくとも基板、Co合金バイアス層、軟磁性層、磁気記録層を積層した構成を有し、Co合金バイアス層は、その半径方向の一方向にその残留磁化の方向が向いており、 $t_{\text{soft}}$ は40nmないし200nmであり、式  $M_{s,\text{soft}} \times (t_{\text{soft}} - 40\text{nm}) > M_{s,\text{soft}} \times 40\text{nm} + M_{s,\text{bias}} \times t_{\text{bias}}$  を満足する磁気記録媒体。

( $t_{\text{bias}}$ はCo合金バイアス層の厚さ、 $M_{s,\text{bias}}$ はその飽和磁化、 $t_{\text{soft}}$ は軟磁性層の厚さ、 $M_{s,\text{soft}}$ はその飽和磁化)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性基板と、該非磁性基板上に設けられたコバルト合金バイアス層と、該コバルト合金バイアス層に設けられ、鉄またはコバルトを主成分とする軟磁性層と、垂直磁気記録層とを具備する垂直磁気記録媒体であって、

該コバルト合金バイアス層は、その半径方向の一方向にその残留磁化の方向が向いており、該コバルト合金バイアス層の厚さ  $t_{bias}$ 、その飽和磁化  $M_{sbias}$ 、該軟磁性層の厚さ  $t_{soft}$ 、及びその飽和磁化  $M_{soft}$  が、下記式

$$M_{s,soft} \times (t_{soft} - 40 \text{ nm}) > M_{s,soft} \times 40 \text{ nm} + M_{s,bias} \times t_{bias}$$

但し、該軟磁性層の厚さ  $t_{soft}$  は40 nmないし200 nmであることを満たすことを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項2】 前記軟磁性層の厚さ  $t_{soft}$  は、40 nmないし150 nmであることを特徴とする請求項1に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項3】 前記コバルト合金バイアス層は、160000 A/m以上の保磁力  $H_c$  を有することを特徴とする請求項1に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項4】 前記コバルト合金バイアス層と前記軟磁性層の半径方向の残留磁化  $M_r$  と飽和磁化  $M_s$  との比  $M_r/M_s$  が0.97以上であることを特徴とする請求項1に記載の垂直磁気記録媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ハードディスク装置などに用いられる磁気記録媒体のうち、特に、垂直方向磁化を利用する垂直磁気記録媒体に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 面内磁気記録層と比較して、厚い記録層でも高密度で線方向の記録が可能な垂直磁気記録層は、面内磁気記録層より熱揺らぎ耐性に強い。特に、垂直磁気異方性を有する記録層の下に、高透磁率の軟磁性層を設けた垂直二層膜媒体は、ヘッドと軟磁性層の相互作用により、理想的な垂直記録がなされるため、将来のより高密度記録に対応が可能である。しかし、記録媒体にこのような軟磁性層を設けると、たとえ弱い外部磁化であっても、ディスク回転中に軟磁性層の磁化が容易に変化し、記録信号の低下やノイズが発生することが知られている。

【0003】 このような軟磁性層の磁化の変化を改善するため、例えば特公平03-53686号には、軟磁性層上に反強磁性層を設けたもの、あるいは特公平7-105027号には軟磁性層の下に永久磁石層を設けたものが開示されている。また、この際、永久磁石層の磁化の向きを半径方向に揃えてやることも開示されている。軟磁性層に半径方向に異方性を付与することは、軟磁性層の円周方向の磁

化変化を磁化回転で起こす機構となり、高周波での応答性も良好にする効果が生じるものと考えられる。さらに、これらを、積層構成としたものが開示され、反強磁性層の変わりに、バイアスを印加するためのバイアス層として  $\text{CoFe/Cu}$  などの人工格子系を用いることが出来ることが開示されている。

【0004】 しかし、これらのようなバイアス層は、弱い地磁場を前提としたものである。外部磁界が数千 A/cm にのぼる場合がある実際の装置に対しては、軟磁性層で外部磁場を遮断させ、バイアス層の反転を押さえるため、軟磁性層厚を600 nm以上が必要であることが、特開平10-283624号に開示されている。

【0005】 このように、これまでは、軟磁性層厚は厚くすることが、外部磁界への安定性や出力効率の点で良いと考えられていた。しかし、軟磁性層厚が厚いと、ディスクの中周部では磁区の発生を抑えることはできるが、ディスクの外周部及びディスクの内周部付近のように反磁界が強くなる場所では、磁区の発生を押さえることはできないため、例えばデータ領域にまで磁区が入り込んで、スパイクノイズが取りきれない。また、軟磁性層厚が厚いと、バイアスの反転は抑えられるものの、容易に軟磁性層に逆磁区が発生するため、ノイズの増大につながっている。従って、これまでは、ディスクのデータ領域全体にわたって、磁区の発生がなく、外部磁界にも安定で、ノイズの小さな媒体は実現できなかった。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、外部磁界によって、磁化が減衰することなく、また、記録再生を繰り返しても、信号が安定で、ノイズの少ない垂直磁気記録媒体を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明によれば、非磁性基板と、該非磁性基板上に設けられたコバルト合金バイアス層と、該コバルト合金バイアス層に設けられ、鉄またはコバルトを主成分とする軟磁性層と、垂直磁気記録層とを具備する垂直磁気記録媒体であって、該コバルト合金バイアス層は、その半径方向の一方向にその残留磁化の方向が向いており、該コバルト合金バイアス層の厚さ  $t_{bias}$ 、その飽和磁化  $M_{sbias}$ 、該軟磁性層の厚さ  $t_{soft}$ 、及びその飽和磁化  $M_{soft}$  が、下記式

$$M_{s,soft} \times (t_{soft} - 40 \text{ nm}) > M_{s,soft} \times 40 \text{ nm} + M_{s,bias} \times t_{bias}$$

但し、該軟磁性層の厚さ  $t_{soft}$  は40 nmないし200 nmであることを満たすことを特徴とする垂直磁気記録媒体が得られる。

## 【0008】

【発明の実施の形態】 本発明は、非磁性基板及び垂直磁気記録層を有する垂直磁気記録媒体において、非磁性基板と垂直磁気記録層との間に、その半径方向の一方向にその残留磁化の方向が向いているコバルト合金バイアス

層及び鉄またはコバルトを主成分とする軟磁性層が設けられ、かつコバルト合金バイアス層の厚さを  $t_{bias}$ 、その飽和磁化を  $M_{sbias}$ 、該軟磁性層の厚さを  $t_{soft}$ 、及びその飽和磁化を  $M_{soft}$  としたとき、下記式

$$M_{s,soft} \times (t_{s,soft} - 40 \text{ nm}) > M_{s,soft} \times 40 \text{ nm} + M_{s,bias} \times t_{bias}$$

を満たし、かつ軟磁性層の厚さ  $t_{s,soft}$  は  $40 \text{ nm}$  ないし  $200 \text{ nm}$  であることを特徴とする。

【0009】本発明によれば、垂直磁気記録媒体の非磁性基板と軟磁性層との間に、その半径方向の一方向にその残留磁化の方向が向いているコバルト合金バイアス層を設けることにより、バイアス磁界を強め、垂直磁気記録媒体のデータ領域全体に逆磁区を発生させないため、スパイクノイズの発生を抑えることができる。さらに、このコバルト合金バイアス層と軟磁性層の厚さと飽和磁化との関係を規定することにより、バイアス層からのノイズを軟磁性層により有効に遮断することができる。

【0010】残留磁化の方向がその半径方向の一方向に向いていないと、軟磁性層に逆磁区が発生し、スパイクノイズの原因となる。

【0011】さらに、コバルト合金バイアス層と軟磁性層の厚さと飽和磁化との関係が上記式を満たさないと、バイアス層の磁化分散の発生する磁界がヘッドまで到達し、ノイズとなる。

【0012】ここで、コバルト合金バイアス層は、軟磁性層とは異なり、軟磁性層に一方の磁界を印加するための層をいう。これには、磁界が面内の一方向に向き、磁界の反転が容易に起こらないような特性を有する材料が選択される。このような材料として、例えば  $\text{CoPt}$ 、 $\text{CoCrPt}$ 、 $\text{CoCrTa}$ 、 $\text{CoCrPtTa}$ 、 $\text{CoCrPtTaB}$ 、 $\text{CoPtO}$ 、 $\text{CoPtCrO}$ 、 $\text{CoNiPt}$ 、 $\text{CoNiPtCr}$ 、 $\text{CoSm}$ 、及び  $\text{FePt}$  等を使用することができる。

【0013】コバルト合金バイアス層は、好ましくは、 $160000 \text{ A/m}$  以上の保磁力  $H_c$  を有する。

【0014】また、コバルト合金バイアス層と軟磁性層の半径方向の残留磁化  $M_r$  と飽和磁化  $M_s$  との比  $M_r/M_s$  が  $0.97$  以上であることが好ましい。このようにして、コバルト合金バイアス層の磁化分散を抑制することでノイズをさらに低減することができる。

【0015】バイアス層によって付与される軟磁性層へのバイアス磁界は、バイアス層と軟磁性層の界面の交換結合状態で決められる。この界面での単位表面積当たりのエネルギーを  $\gamma \text{ (erg/cm}^2\text{)}$  とすると、 $\gamma = H_a \times M_{s,soft} \times t_{s,soft}$  で表される。

【0016】図1に、軟磁性層の厚さとバイアス磁界との関係を表すグラフ図を示す。

【0017】図中、101は軟磁性層として  $\text{CoZrNb}$ 、 $\text{Co}$  合金バイアス層として  $\text{CoCrPtTaB}$  を用いた場合、102は、軟磁性層として  $\text{CoFe}$ 、 $\text{Co}$  合

金バイアス層として  $\text{CoPtCrO}$  を用いた場合、103は、軟磁性層として  $\text{FeCoN}$ 、 $\text{Co}$  合金バイアス層として  $\text{CoCrPt}$  を用いた場合のグラフを各々表す。また、四角で表される点は、軟磁性層として  $\text{CoZrNb}$ 、 $\text{Co}$  合金バイアス層として  $\text{CoPt}$  を用いた場合、△で表される点は、軟磁性層として  $\text{CoZrNb}$ 、 $\text{Co}$  合金バイアス層として  $\text{Co}$  を用いた場合を各々示す。

【0018】軟磁性層として、 $\text{Fe}$  や  $\text{Co}$  を主成分として用い、バイアス層として  $\text{Co}$  合金を用いた場合、バイアス磁界を  $1580 \text{ A/m}$  以上に大きくし、磁気記録媒体のデータ領域に磁壁がかからないようにするとともに、 $1580 \text{ A/m}$  の磁場が印加されても、残留磁化が低下しないようにするためには、少なくとも、軟磁性層の膜厚を  $200 \text{ nm}$  以下、望ましくは  $150 \text{ nm}$  より小さくすることが有効である。この膜厚が  $200 \text{ nm}$  より薄いと、媒体の外周部及び内周部に磁壁が見られたとしても、データ領域にまで磁壁がかからない。また、 $150 \text{ nm}$  より薄ければ、媒体全面に磁区は見られず、 $1580 \text{ A/m}$  以上の磁場を印加しても、残留磁化がもとの状態に復元する。

【0019】以上のように、垂直二層膜媒体では、軟磁性層膜厚を  $200 \text{ nm}$  以下、望ましくは  $150 \text{ nm}$  より薄くすることが有効である。このようなことから、発明者らは、軟磁性層が  $120 \text{ nm}$  で、バイアス層を  $150 \text{ nm}$  とした媒体を作製し、その  $W/R$  評価したところ、実際の再生波形に、複雑なノイズが乗ることが分かった。この原因は、記録ヘッドの磁界によって、バイアス層が反転してしまったためか、反転は生じないまでもバイアス層に微小なヘッド走行方向の磁化変化が起こり、この磁化揺らぎが軟磁性層を通してヘッドにノイズとして伝わるためと考えられる。

【0020】また、信号の波形が、垂直記録層とバイアス層とで異なっているために、再生波形上で複雑なノイズとして生じてしまったためと考えられる。この現象は、垂直記録層厚と軟磁性層が薄い場合に、特に問題となる。

【0021】ヘッドから発生する磁界強度は、ヘッドの磁極面積が小さいので、距離が離れば急激に減衰し、バイアス層に直接大きな磁界が加わることはない。しかしながら、軟磁性層表面の磁化変化が軟磁性層下部にまでおよび、その際の界面に働く交換結合力を通して、反転を起こすと考えられる。従って、バイアス層に、これに打ち勝つほどの異方性を付与すればよい。この条件は、軟磁性層にかかるバイアス磁界を  $H_a$ 、軟磁性層の飽和磁化量を  $M_s$ 、膜厚を  $t_{s,soft}$ 、バイアス膜の保磁力を  $H_c$ 、飽和磁化量を  $M_{s,bias}$ 、膜厚を  $t_{bias}$  とすると、界面の交換結合エネルギー  $J$  は、下記のように表される。

$$(1/2) \times H_c \times M_{s,bias} \times t_{bias} > M_{s,soft} \times t_{s,soft} \times H_a = J$$

このことから、バイアス層の保磁力を高めるか、バイアス層の膜厚を厚くすることが有効であることがわかる。しかし、バイアス層の膜厚を厚くした場合、磁化反転はなくなるものの、バイアス層の磁化分散が軟磁性層を通して、ヘッドに伝わるノイズが増大してしまうという問題が顕著となる。

【0022】本発明者らは、このような問題を回避するためには、軟磁性層の飽和磁化量 $M_{s,111}$ 、膜厚 $t_{111}$  (nm) とバイアス膜の $M_{s,111}$ 、膜厚 $t_{111}$  (nm) が、下記式で表される関係を満たすことが必要であることを見いだした。

$$【0023】 M_{s,111} \times (t_{111} - 40 \text{ nm}) > M_{s,111} \times 40 \text{ nm} + M_{s,111} \times t_{111}$$

軟磁性層の40nmという膜厚は、残留磁化の向きが大きく変化できない厚みであり、軟磁性層の交換スチフネス定数と異方性エネルギーで定まる値である。CoやFeを主として用いた軟磁性層では、40nm程度と考えることができる。軟磁性のうち、バイアス層より40nmより離れている軟磁性層は、磁化分散を遮断して、ノイズの発生を押さえることができる。

【0024】バイアス層の保磁力 $H_c$ は、下記関係式を満足させる必要がある。

$$【0025】 H_c > 2 \times (M_{s,111} \times t_{111} / M_s \times t_{111}) \times H_a$$

軟磁性層にFeやCoを主成分として用い、バイアス層にCo合金を用いた場合、バイアス磁界 $H_a$ は、29230 A/mなので、保磁力 $H_c$ としては58460 A/m程度は必要である。ただし、膜の $H_c$ 分散を考えると、平均の $H_c$ に対して、最も小さな磁界で反転するものも考慮すると、膜の $H_c$ としては、4倍の160000 A/m以上が望ましい。

【0026】また、バイアス層としては、磁化の飽和時にノイズの発生のおさまりのよい。また、バイアス層としては、必ずしも、面内磁気記録層のように磁気粒子が孤立している必要はなく、熱揺らぎに強くすることが有効である。

【0027】以下、本発明を図面を参照して詳細に説明する。

【0028】図2は、本発明の垂直磁気記録媒体の構成を表す断面図である。

【0029】図示するように、この磁気記録媒体20は、非磁性基板1、例えばNiAlからなるシード層2、例えばクロム合金からなる下地層3、コバルト合金バイアス層4、例えばCoZrNbまたはFeCo系合金層等からなる軟磁性層5、例えばTiからなるシード層6、例えばRuからなる下地層7、例えばCoCrPt系合金あるいはCoPtCrO系合金からなる垂直磁気記録層8、例えばCからなる保護層9、及び例えばパーフルオロポリエーテルからなる潤滑層10を順に積層した構成を有する。

【0030】非磁性基板としては、例えば2.5インチ化学強化アルミノ珪酸ガラス、結晶化ガラス、シリコン、アルミ合金、カーボン、ポリイミド、ポリエステル等が好ましく使用される。

【0031】シード層2及び下地層3は、組合せにより、バイアス層の配向を制御し、分散を少なくして、バイアス層の磁化を面内一方向に揃えるために、必要に応じて任意に設けられる層である。この配向制御用のシード層としてはNiAl、MgO、TiN等を使用することができる。また、この下地層としてはクロム合金、バナジウム合金、ニオブ合金、タンタル合金、及びタングステン合金等を使用することができる。

【0032】また、軟磁性層5としては、例えばCoZrNb合金、CoZrTa合金、CoFe合金、NiFe合金、FeAlSi合金、FeTaC合金、及びFeTaN合金等を用いることができる。

【0033】シード層6は、必要に応じて設けられる任意の層であり、下地層の配向、粒径制御を通して、垂直記録層の配向粒径を制御するために設けられる。また、下地層7も、同様に必要に応じて設けられる任意の層であり、その上に形成される垂直磁気記録層の垂直配向の改良、粒径を微細化するために設けられる。

【0034】このシード層6としては、例えばTi、TiN、及びNiAl等を用いることができる。

【0035】また、下地層7としては、例えばRu、Hf、非磁性CoCr合金、Pt、及びPdを用いることができる。

【0036】垂直磁気記録層8としては、CoCrPt系合金あるいはCoPtCrO系合金、Co/Pt多層膜、Co/Pd多層膜、FePt規則合金、CoPt規則合金が使用できる。

【0037】保護層9及び潤滑層10も必要に応じて適宜設けられる。

【0038】保護層9としては、例えばスパッタカーボン、CVDカーボンを用いることができる。

【0039】潤滑層10としては、例えば、パーフルオロポリエーテル、及びハイドロフルオロエーテルを用いることができる。潤滑層は、例えばディップ法により形成し得る。

【0040】上述の磁気記録媒体は、次のような磁気記録再生装置に適用することができる。

【0041】図3に、本発明にかかる磁気記録再生装置の一例を一部分解した斜視図を示す。

【0042】本発明に係る情報を記録するための剛構成の磁気ディスク121はスピンドル122に装着されており、図示しないスピンドルモータによって一定回転数で回転駆動される。磁気ディスク121にアクセスして情報の記録再生を行う磁気ヘッドを搭載したスライダ123は、薄板状の板ばねからなるサスペンション124の先端に取付けられている。サスペンション124は

図示しない駆動コイルを保持するボビン部等を有するアーム125の一端側に接続されている。

【0043】アーム125の他端側には、リニアモータの一種であるボイスコイルモータ126が設けられている。ボイスコイルモータ126は、アーム125のボビン部に巻き上げられた図示しない駆動コイルと、それを挟み込むように対向して配置された永久磁石および対向ヨークにより構成される磁気回路とから構成されている。

【0044】アーム125は、固定軸127の上下2カ所に設けられた図示しないボールベアリングによって保持され、ボイスコイルモータ126によって回転揺動駆動される。すなわち、磁気ディスク121上におけるスライダ123の位置は、ボイスコイルモータ126によって制御される。なお、図2中、128は蓋体を示している。

【0045】以下実施例を示し、本発明を具体的に説明する。

【0046】実施例1図2と同様の構成を有する磁気記録媒体40を、以下のようにして形成した。

【0047】まず、2.5インチ径化学強化アルミノ・珪酸ガラスを基板1として用意した。基板1上に、NiAl合金シード層2をスパッタにより形成した。その後、クロム合金ターゲットとして下地層3をスパッタした。下地層3を形成した後、飽和磁化 $M_s$ が1200 (emu/cc)のCoPt合金バイアス層4を、80 nmの厚さで、保磁力が160000 A/m以上となり、粒子間相互作用が強く、角形比が大きくなるような条件でスパッタした。

【0048】1300 (emu/cc)の飽和磁化 $M_s$ のCoZrNb合金からなる軟磁性層5を180 nmの膜厚でスパッタした。

【0049】その後、さらに、Ti合金をターゲットとしてシード層6を、レニウムをターゲットとして厚さ20 nmの下地層7を各々スパッタした。その後、68 at.%Co-20 at.%Pt-12 at.%Cr系ターゲットを用い、酸素添加スパッタによってCoPtCrO系垂直磁気記録層8を25 nmをスパッタ形成した。

【0050】なお、スパッタは、全てDCマグネトロンスパッタリングを用いて行った。

【0051】さらに、カーボンからなる7 nmの厚さの保護膜9をスパッタし、その表面にパーフロロポリエーテルからなる潤滑層10をディップコートにより形成して垂直磁気記録媒体20を得た。

【0052】得られた垂直磁気記録媒体20を、ディスク専用の着磁ジグを用いて、半径方向に、10 msecオーダーの反値幅をもつバイアス層が十分に飽和できる790 k A/m以上のパルス磁界を印加し、半径方向に磁化固着を行なった。着磁ジグに200 Vの電圧を

印加したところ、半径方向に948 k A/m以上の着磁がかかっていた。

【0053】この垂直磁気記録媒体について、書き込みをトラック幅0.6 mのシングルポール磁極、再生にトラック幅0.4 m、ギャップ長90  $\mu$ mのGMR素子を用いたヘッドを用いて、はじめに、書き込み電流を2 mAから50 mAまで増加させ、25 kFCIの孤立波形を調べた。その結果、大きなノイズのない良好な矩形波形を示した。その後、50 mAで、DC消去を行い、再度、最適記録電流で書き込みとDC消去を繰り返したが、DCノイズの増大や、波形変化は観測されなかった。これらの媒体について、周波数200 MHz、記録周波数520 kFCIで、媒体S/Nを測定した。

【0054】この垂直磁気記録媒体と同様の条件で、軟磁性層まで形成したディスクを作為し、この軟磁性層サンプル表面全体の軟磁性層の磁区状態を、カー効果を利用したオプティカル・サーフェイス・アナライザー(OSA)で観察し、軟磁性層全表面の磁区構造を調べた。

【0055】また、書き込みをトラック幅0.6 mのシングルポール磁極、再生にトラック幅0.4 m、ギャップ長90  $\mu$ mのGMR素子を用いたヘッドを使用し、得られた軟磁性層サンプルのスパイクノイズ状態を測定した。

【0056】この垂直磁気記録媒体と同様の条件で、軟磁性層まで形成したディスクからVSM試料を切りだし、ディスクの半径方向の着磁方向に印加磁界+790 A/mから磁化の測定をはじめて、M-H磁化曲線を得た。得られた結果を図4のグラフ51に示す。残留磁化量 $M_r$ と飽和磁化量 $M_s$ の比 $M_r/M_s$ は、0.97以上の値であることが確認できた。1580 A/m印加後、磁界を戻すと、磁化量はもとに戻るもので、 $M_r$ の減少分である $1-M_r/M_s$ の0.03は、反転磁区が形成されているためではなく、円周方向への分散と考えられる。このとき、3950 A/mから磁化を戻した際のバイアス磁界 $H_{bias}$ から、結合エネルギーとしては、 $\gamma=0.82 \text{ erg/cm}^2$ という値が見積もられた。半径方向の残留磁化を測定する方法で、磁化の固着力を測定した結果では、15800 A/mの磁界印加に対しても、残留磁化の低下は認められなかったまた、垂直磁気記録媒体のヘッド走行方向に磁界を印加し、磁化の測定を行い、M-H磁化曲線を得た。得られた結果を図4のグラフ52に示す。ヘッド走行方向の比誘磁率としては、1000以上の値が得られた。

【0057】 $H_{bias}$ は、垂直磁気記録媒体と同様の条件でバイアス層までを形成したサンプルを作成し、これをVSMを用いてMH曲線を求めることで測定した。

【0058】上述のようにして得られたバイアス磁界 $H_{bias}$ 、 $M_{s,111} \times (t_{111} - 40 \text{ nm}) / M_{s,111} \times 40 \text{ nm} + M_{s,111} \times t_{111}$  値、 $M_r/M_s$ 、 $H_{bias}$ 、磁壁の存在、記録の繰り返しによるスパイクノイズの発



生、及び媒体S/Nについて、下記表3及び4に示す。

【0059】実施例2ないし14軟磁性層材料、その膜厚、Co含有バイアス層、その膜厚及び垂直磁気記録層材料を表1及び2に示すように変化する以外は、実施例1と同様にして垂直磁気記録媒体を得た。

【0060】なお、実施例6における軟磁性層5までを同様に形成し、シード層6、下地層7、垂直磁気記録層8、保護膜9、及び潤滑層10を形成しない軟磁性層サンプルを、カー効果を利用したオプティカル・サーフェイス・アナライザー（OSA）で観察し、軟磁性層全表面の磁区構造を調べた。調べた結果を表す写真図を図5に示す。図5に示すように、軟磁性表面で磁区の発生が無いことが確認できた。

【0061】また、書き込みをトラック幅0.6mのシングルボール磁極、再生にトラック幅0.4m、ギャップ長90μmのGMR素子を用いたヘッドを使用し、得られた軟磁性層サンプルのノイズ状態を測定した。その結果を図6に示す。図6に示すように、スパイクノイズは観測されないことを確認できた。

【0062】また、実施例7については、得られた垂直磁気記録媒体から切り出したサンプルについて、バイアス印加方向と逆向きに一度磁界を印加してこれを取り除いた後の残留磁化量Mrを測定した。図7に、磁界と、初期残留磁化量に対する残留磁化量の比との関係を表すグラフ図を示す。

【0063】図示するように、バイアス層の保磁力が160000 A/m以上あるものについては、図7に示すように、印加磁界が2370 A/mまでは、磁化はほぼ元に戻る特性を有していることがわかった。

【0064】比較例1ないし19

軟磁性層材料、その膜厚、Co含有バイアス層、その膜厚及び垂直磁気記録層材料を表1及び2に示すように変化する以外は、実施例1と同様にして垂直磁気記録媒体を得た。得られた垂直磁気記録媒体について、実施例1と同様にして、そのバイアス磁界Hbias、Mr/Ms、 $M_{s,0.1} \times (t_{0.1} - 40 \text{ nm}) / M_{s,0.1} \times 40 \text{ nm} + M_{s,0.1} \times t_{0.1}$  値、Mr/Ms、Hcbias、Hcritical、磁壁の存在、スパイクノイズの発生、S/N値を調べた。得られた結果を下記表3及び4に示す。

【0065】比較例1について、実施例6と同様に軟磁性層全表面の磁区構造を調べた。OSAによるデータを表す写真図を図8に示す。図示するように、データ領域に及ぶ磁壁が存在することが確認された。

【0066】また、実施例6と同様にまた、ノイズ状態を測定した。その結果を図9に示す。図示するように磁壁の影響によるスパイクノイズが発生していることが確認された。

【0067】

【表1】

	軟磁性膜			ハード膜			垂直記録層
	材料	Ms (emu/cc)	膜厚 (nm)	材料	Ms (emu/cc)	膜厚 (nm)	
比較例1	CoZrNb	1300	700	CoCrPtTaB	500	60	CoCrPt
比較例2	CoZrNb	1300	500	CoCrPtTaB	500	60	CoCrPt
比較例3	CoZrNb	1300	300	CoCrPtTaB	500	60	CoCrPt
比較例4	CoZrNb	1300	200	CoCrPtTaB	500	60	CoCrPt
実施例5	CoZrNb	1300	150	CoCrPtTaB	500	60	CoCrPt
実施例7	CoZrNb	1300	120	CoCrPtTaB	500	60	CoCrPt
比較例5	CoZrNb	1300	100	CoCrPtTaB	500	60	CoCrPt
比較例6	CoZrNb	1300	60	CoCrPtTaB	500	60	CoCrPt
比較例7	CoZrNb	1300	40	CoCrPtTaB	500	60	CoCrPt
比較例8	CoZrNb	1300	180	CoPt	1200	200	CoPtCrO
比較例9	CoZrNb	1300	180	CoPt	1200	150	CoPtCrO
実施例1	CoZrNb	1300	180	CoPt	1200	80	CoPtCrO
実施例2	CoZrNb	1300	180	CoPt	1200	60	CoPtCrO
比較例10	CoZrNb	1300	150	CoCrPtTaB	500	250	CoCrPt
実施例3	CoZrNb	1300	150	CoCrPtTaB	500	120	CoCrPt
実施例4	CoZrNb	1300	150	CoCrPtTaB	500	80	CoCrPt
実施例5	CoZrNb	1300	150	CoCrPtTaB	500	60	CoCrPt
実施例6	CoZrNb	1300	150	CoCrPtTaB	500	40	CoCrPt



【0068】

【表2】

	軟磁性膜			ハード膜			垂直記録層
	材料	Ms (emu/cc)	膜厚 (nm)	材料	Ms (emu/cc)	膜厚 (nm)	
比較例 11	CoZrNb	1300	120	CoCrPtTaB	500	250	CoPtCrO
比較例 12	CoZrNb	1300	120	CoCrPtTaB	500	200	CoPtCrO
比較例 13	CoZrNb	1300	120	CoCrPtTaB	500	150	CoPtCrO
実施例 7	CoZrNb	1300	120	CoCrPtTaB	500	60	CoPtCrO
実施例 8	CoZrNb	1300	120	CoCrPtTaB	500	40	CoPtCrO
実施例 9	CoZrNb	1300	180	Co	1200	80	CoPtCrB
実施例 10	CoZrNb	1300	180	CoPt	1200	80	CoPtCrB
比較例 14	Co90Fe10	1600	200	CoPtCrO	300	40	CoPtCrO
実施例 11	Co90Fe10	1600	150	CoPtCrO	300	40	CoPtCrO
実施例 12	Co90Fe10	1600	90	CoPtCrO	300	40	CoPtCrO
比較例 15	Co90Fe10	1600	90	CoPtCrO	300	120	CoPtCrO
比較例 16	Co90Fe10	1600	40	CoPtCrO	300	120	CoPtCrO
比較例 17	FeCoN	1800	200	CoCrPt	300	30	CoPtCrTa
実施例 13	FeCoN	1800	150	CoCrPt	300	30	CoPtCrTa
実施例 14	FeCoN	1800	120	CoCrPt	300	120	CoPtCrTa
比較例 18	FeCoN	1800	90	CoCrPt	300	120	CoPtCrTa
比較例 19	FeCoN	1800	40	CoCrPt	300	120	CoPtCrTa

【0069】

【表3】

	バイアス 磁界 H bias (A/m)	$M_{s\text{soft}} \times$ ( $t_{\text{soft}} - 40\text{nm}$ ) / $[M_{s\text{soft}} \times$ $40\text{nm} +$ $M_{s\text{bias}} \times t_{\text{bias}}]$	$M_r /$ $M_s$	Hc bias (A/m)	磁壁の 存在の 有無	スパイク ノイズの 発生	Soop Nmr ms (dB)
比較例1	237	10.5	0.93	300200	×	—	36.5
比較例2	395	7.3	0.94	300200	×	—	36
比較例3	1185	4.1	0.96	300200	×	—	35.5
比較例4	2133	2.5	0.98	300200	○	無し	35.5
実施例5	3160	1.7	1	300200	◎	無し	36.5
実施例7	4740	1.3	0.99	300200	◎	無し	34.5
比較例5	6320	1.0	0.99	300200	◎	無し	28
比較例6	9480	0.3	0.99	300200	◎	無し	26
比較例7	6320	0.0	0.99	300200	◎	無し	25
比較例8	2370	0.6	0.95	221200	◎	無し	24.5
比較例9	2212	0.8	0.96	229100	◎	無し	25.5
実施例1	2765	1.2	0.98	237000	◎	無し	33.5
実施例2	3160	1.5	0.98	240950	◎	無し	34
比較例10	3476	0.8	0.95	240950	◎	無し	26
実施例3	3476	1.3	0.97	268600	◎	無し	31.5
実施例4	3318	1.6	0.98	284400	◎	無し	32.5
実施例5	3160	1.7	1	300200	◎	無し	36.5
実施例6	3160	2.0	1	316000	◎	無し	36

[0070]

[表4]

	バイアス 磁界 H bias (A/m)	$M_{s,soft} \times$ ( $t_{soft}-40nm$ ) / $[M_{s,soft} \times$ $40nm +$ $M_{s,bias} \times t_{bias}]$	$M_r$ / $M_s$	Hc bias (A/m)	磁壁の 存在の 有無	スパイク ノイズの 発生	Soop Nmr ms (dB)
比較例 11	4740	0.6	0.96	248850	◎	無し	26.5
比較例 12	4345	0.7	0.98	248850	◎	無し	27
比較例 13	4345	0.8	0.97	252800	◎	無し	27.5
実施例 7	4740	1.3	0.99	300200	◎	無し	34.5
実施例 8	3950	1.4	1	316000	◎	無し	34
実施例 9	3397	1.2	0.98	158000	◎	有り(大)	33.5
実施例 10	2686	1.2	0.98	221200	◎	有り(小)	33.5
比較例 14	1501	3.4	1	331800	x	—	34
実施例 11	1975	2.3	1	331800	◎	無し	35.5
実施例 12	3318	1.1	1	331800	◎	無し	35
比較例 15	3318	0.8	0.98	284400	◎	無し	25
比較例 16	7426	0.0	1	284400	◎	無し	20
比較例 17	869	3.6	1	252800	x	—	34
実施例 13	1185	2.4	1	252800	◎	無し	34
実施例 14	1501	1.3	0.99	244900	◎	無し	32
比較例 18	1975	0.8	0.98	229100	◎	有り(小)	24
比較例 19	4424	0.0	0.98	229100	◎	有り(小)	19

【0071】上記表3ないし4から明らかなように、比較例1ないし3のものは、バイアス磁界が弱く、OSA測定で、ディスク外周および内周から発生した磁区が、データ領域にまで広がっていた。また、ヘッドを用いた測定では、スパイクノイズが観測され、DCノイズも実施例と比較して大きかった。

【0072】媒体SNRでは、 $M_{s,soft} \times (t_{soft} - 40nm) > M_{s,soft} \times 40nm + M_{s,bias} \times t_{bias}$ の場合、 $Soop/Nmrms > 30dB$ と良好な値が得られた。

【0073】一方、 $M_{s,soft} \times (t_{soft} - 40nm) < M_{s,soft} \times 40nm + M_{s,bias} \times t_{bias}$ の場合、 $Soop/Nmrms$ は、3dB程度低い値を示した。

【0074】25kFCIの孤立波形を調べた結果では、軟磁性層膜厚が200nm以下のものでは、大きなノイズのない良好な矩形波形を示した。この後、50mAで、DC消去を行い、再度、最適記録電流で書き込みとDC消去を繰り返したが、DCノイズの増大や、波形変化は観測されなかった。但し、バイアス層の保磁力が160000 A/mより小さい場合、ヘッドの最大記録で同様の書き込みと消去を繰り返した際に、DC消去時に小さなスパイク状のノイズが見られる場合があった。

【0075】なお、上述の実施例では、バイアス付与の

ハード膜は一層であり、バイアス膜と軟磁性層は一層ずつであったが、これを積層構成にしたものであっても、軟磁性層は、記録層と記録層に最も近いバイアス膜との膜厚と考えるとよく、バイアス膜は、間に何らかの交換結合が働いていれば、合計の膜厚として考えてよい。

【0076】

【発明の効果】本発明によれば、バイアス磁界を強めることにより、ディスクのデータ領域全体に逆磁区を発生させず、スパイクノイズ発生を抑えることが可能となり、また、バイアス層からのノイズを、軟磁性層で有効に遮断することのできることで、外部磁界によって、磁化が減衰することなく、また、記録再生を繰り返しても、信号が安定で、ノイズの少ない垂直磁気記録媒体が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 軟磁性層の厚さとバイアス磁界との関係を表すグラフ図

【図2】 本発明の垂直磁気記録媒体の構成の一例を表す断面図

【図3】 本発明にかかる磁気記録再生装置の一例を一部分解した斜視図

【図4】 M-H磁化曲線

【図5】 オプティカル・サーフェイス・アナライザー

による測定結果を表す写真

【図6】 軟磁性層サンプルのノイズ状態を表すグラフ  
図

【図7】 磁界と初期残留磁化量に対する残留磁化量の  
比との関係を表すグラフ図

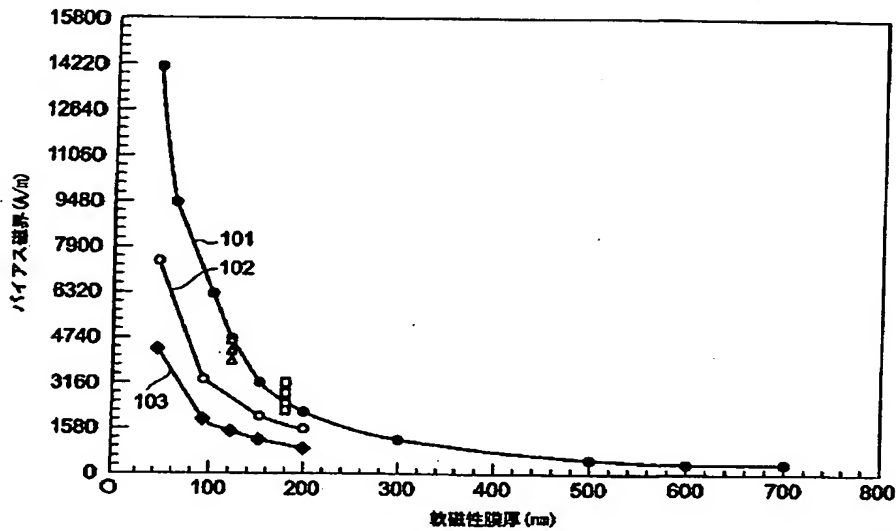
【図8】 オプティカル・サーフェイス・アナライザー  
による測定結果を表す写真

【図9】 軟磁性層サンプルのノイズ状態を表すグラフ  
図

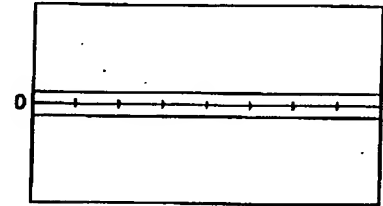
【符号の説明】

1…非磁性基板、2…シード層、3…下地層、4…コバ  
ルト合金バイアス層、5…軟磁性層、6…シード層、7  
…下地層、8…垂直磁気記録層、9…保護層、10…潤  
滑層、121…磁気ディスク、122…スピンドル、1  
23…スライダ、124…サスペンション、125…  
アーム、126…ボイスコイルモータ、127…固定  
軸、128…蓋体

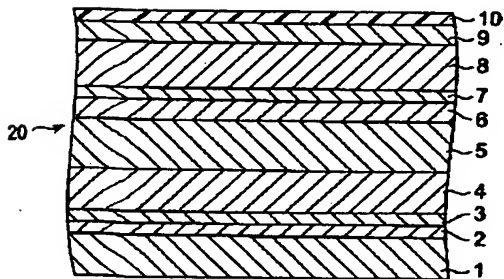
【図1】



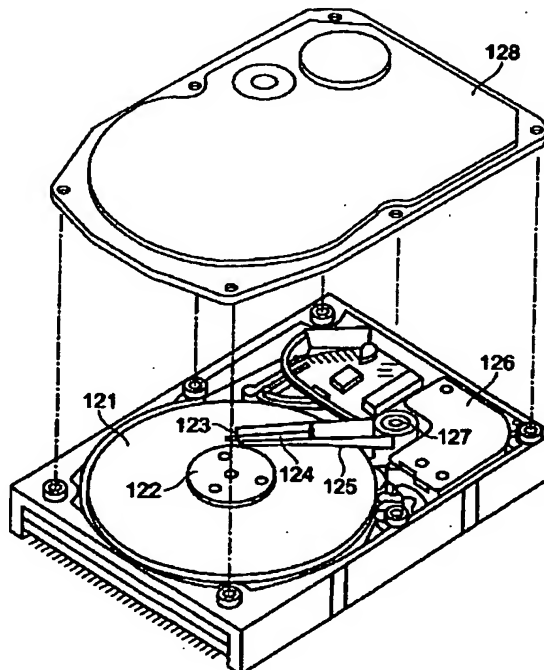
【図6】



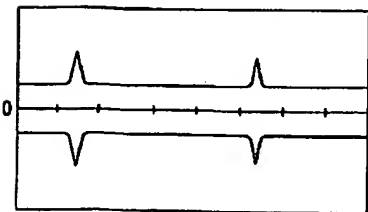
【図2】



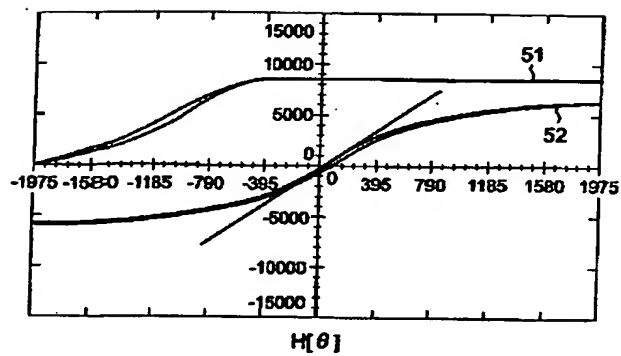
【図3】



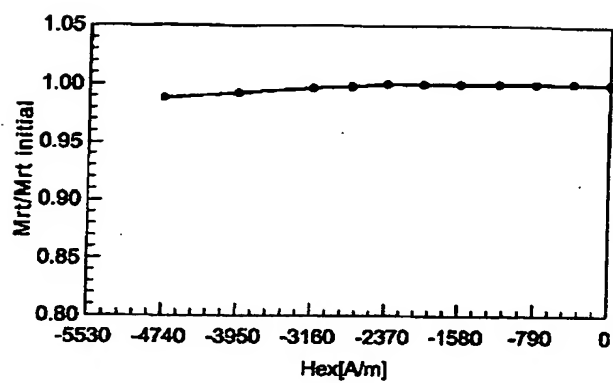
【図9】



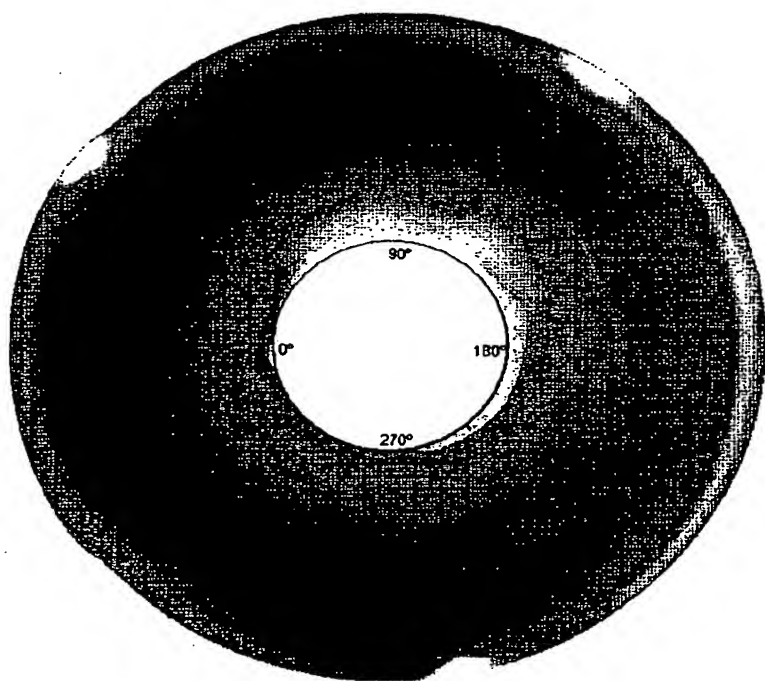
【図 4】



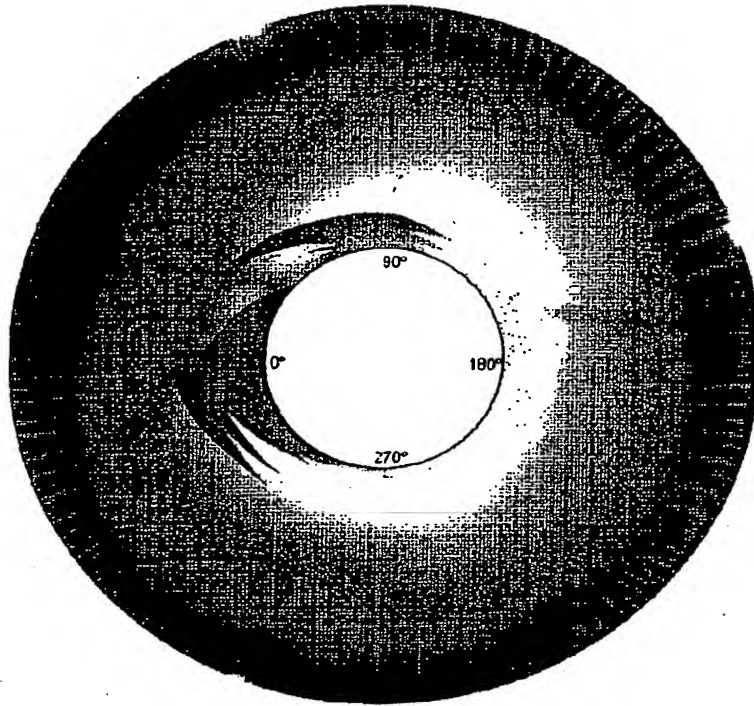
【図 7】



【図 5】



【図8】



## 【手続補正書】

【提出日】平成13年7月19日(2001.7.19)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0053

【補正方法】変更

【補正内容】

【0053】この垂直磁気記録媒体について、書き込みをトラック幅 $0.6\mu\text{m}$ のシングルポール磁極、再生にトラック幅 $0.4\mu\text{m}$ 、ギャップ長 $90\text{nm}$ のGMR素子を用いたヘッドを用いて、はじめに、書き込み電流を $2\text{mA}$ から $50\text{mA}$ まで増加させ、 $25\text{kFCI}$ の孤立波形を調べた。その結果、大きなノイズのない良好な矩形波形を示した。この後、 $50\text{mA}$ で、DC消去を行い、再度、最適記録電流で書き込みとDC消去を繰り返したが、DCノイズの増大や、波形変化は観測されなかった。これらの媒体について、周波数 $200\text{MHz}$ 、記録周波数 $520\text{kFCI}$ で、媒体 $S/N$ を測定した。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0055

【補正方法】変更

【補正内容】

【0055】また、書き込みをトラック幅 $0.6\mu\text{m}$ のシングルポール磁極、再生にトラック幅 $0.4\mu\text{m}$ 、ギャップ長 $90\text{nm}$ のGMR素子を用いたヘッドを使用し、得られた軟磁性層サンプルのスパイクノイズ状態を測定した。

## 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0061

【補正方法】変更

【補正内容】

【0061】また、書き込みをトラック幅 $0.6\mu\text{m}$ のシングルポール磁極、再生にトラック幅 $0.4\mu\text{m}$ 、ギャップ長 $90\text{nm}$ のGMR素子を用いたヘッドを使用し、得られた軟磁性層サンプルのノイズ状態を測定した。その結果を図6に示す。図6に示すように、スパイクノイズは観測されないことを確認できた。

## 【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0074

【補正方法】変更

【補正内容】

【0074】 $25\text{kFCI}$ の孤立波形を調べた結果では、軟磁性層膜厚が $200\text{nm}$ 以下のものでは、大きな

ノイズのない良好な矩形波形を示した。この後、50 mAで、DC消去を行い、再度、最適記録電流で書き込みとDC消去を繰り返したが、DCノイズの増大や、波形変化は観測されなかった。但し、バイアス層の保磁力が160000 A/mより小さい場合、ヘッドの最大記録で同様の書き込みと消去を繰り返した際に、DC消去時に小さなスパイク状のノイズが見られる場合があっ

た。

【手続補正5】

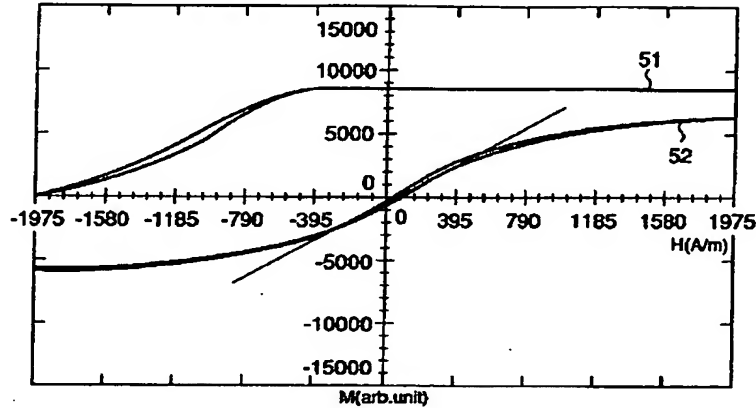
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図4

【補正方法】変更

【補正内容】

【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 中村 太  
神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社  
東芝柳町事業所内

(72)発明者 及川 壮一  
神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社  
東芝柳町事業所内

(72)発明者 酒井 浩志  
千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電  
工エイチ・ディー株式会社内

(72)発明者 清水 謙治  
千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電  
工エイチ・ディー株式会社内

Fターム(参考) 5D006 BB07 CA01 CA03 CA05 CA06  
DA03 FA09  
5E049 AA04 BA06 BA12 CB01 GC01